

## 滇蛙和昭觉林蛙的形态差异及其潜在的适应意义

周 伟, 李明会, 潘晓赋

(西南林学院 保护生物学学院, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 以比较解剖学的方法, 观察和比较了采自 1997 年 8 月 ~ 2000 年 9 月的滇蛙 (♂ 16, ♀ 14) 和昭觉林蛙 (♂ 17, ♀ 17) 标本的外部形态、肌肉和骨骼。结果显示, 两种蛙的皮肤颜色不同; 滇蛙的鳞骨比昭觉林蛙的发达; 滇蛙雄性个体具声囊, 而昭觉林蛙则无; 滇蛙和昭觉林蛙的肱三头肌、股三头肌和胫部的肌肉有显著或极显著差异; 昭觉林蛙的四肢骨骼较滇蛙的细长, 腰带坐骨结节较突出, 髌臼也较大; 两种蛙头部扩大的骨骼不同; 滇蛙腹直肌具腱 4 条, 昭觉林蛙 5 条。两种蛙的这些形态差异与其栖息的小生境及生活方式的差异相适应。

**关键词:** 滇蛙; 昭觉林蛙; 形态; 适应

**中图分类号:** Q959.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-5853(2003)06-0445-07

## Morphological Differentiation between *Rana pleuraden* and *Rana chaochiaoensis* with Comments on Their Potential Adaptive Significance

ZHOU Wei, LI Ming-hui, PAN Xiao-fu

(Faculty of Conservation Biology, Southwest Forestry College, Kunming, Yunnan 650224, China)

**Abstract:** Comparative approach was applied to *Rana pleuraden* (♂ 16, ♀ 14) and *R. chaochiaoensis* (♂ 17, ♀ 17) collected from Aug. 1997 to Sept. 2000. Their external morphology, muscle and osteological characters were observed and compared. It is expected to find the clues that two sympatric species in the same genus diverge in morphology. The results show that there is different skin color pattern between two species; the squamosal of *R. pleuraden* is more developed than *R. chaochiaoensis*; adult male of *R. pleuraden* is with vocal sac and *R. chaochiaoensis* without it; there are notable differences in musculus triceps brachii, musculus triceps femoris and musculus tibialis between two species; skeletons of *R. chaochiaoensis* in limbs are longer and thinner than *R. pleuraden* and its tuber ischiadicum and acetabulum of pelvic girdle are stronger as well; enlarged bones in braincase are different between two species; musculus rectus abdominis of *R. pleuraden* is with 4 inscription and *R. chaochiaoensis* with 5, and so on. Morphologic differences between two frogs are consistent and suitable with their habitat and their living manner.

**Key words:** *Rana pleuraden*; *Rana chaochiaoensis*; Morphological comparison; Adaptive analysis

在进化过程中, 物种会留下许多形态结构特征, 这些特征记录着物种的来龙去脉和历史渊源, 隐含着物种适应环境变化的过程和线索。反过来, 研究者也可通过这些线索去追溯、探究某一物种身体结构形态特征的变化历程及与环境的相互关系。这种方法被归纳为“结构-功能-适应”三位一体分析方法 (Kluge, 1977; Chu & Zhou, 1988)。应

用该分析方法在褶鲃鱼类 (*Pseudecheneis*) 和盘鲃鱼类 (*Discogobio*) 中进行尝试。结果表明, 褶鲃鱼类胸部吸盘超微结构为指状突, 吸盘形成负压, 而指状突则起到紧扼住石隙的作用, 与扁平的身体相互配合, 可以使它紧贴水底岩石表面, 抵御水流的冲击。盘鲃鱼类的口吸盘依种类不同, 相对大小有差异, 栖息于水流湍急栖境中的种类吸盘大, 其

表面的小乳突密集;而栖息于缓流或湖泊中的种类吸盘小,乳突稀疏(Zhou & Liu, 1991; Zhou et al, 1993a, b)。上述工作都是针对单一物种,或分布于不同地区的同一属的多个物种,探讨身体某一位或器官的“结构-功能-适应”意义。

滇蛙(*Rana pleuraden* Boulenger)和昭觉林蛙(*Rana chaochiaoensis* Liu)是昆明市白龙寺地区常见的2个物种。在西南林学院校园周围的农田和林地中分布的12种蛙类中,隶属于蛙属(*Rana*)的仅此2种(Zhou W et al, 2000)。以往对这2个种的报道仅散见于一些地方两栖类志或经济两栖类志中,限于外部形态特征、分布和生态习性的描述(Yang, 1990; Ye et al, 1993; Zhou YW et al, 2000);或者在相关的研究中涉及它们的解剖与适应的研究(Zhou, 2002)。2个物种为同域分布,且有着极近的亲缘关系。但预观察证实,二者适宜栖息的微生境不同,生活习性也不同。对于同域分布且为同一属的2个物种,为避免生态位竞争,其外部形态和内部解剖学特征如何分化呢?本文试图通过对这两个种的形态学比较结果,结合生态观察,探讨形态学差异潜在的功能和生物学意义。

## 1 方法

### 1.1 研究对象习性

自1998~2002年的观察资料表明,滇蛙主要生活在稻田、水沟、水塘旁,喜欢在水域丰富、草丛茂密的地方活动,以静水水域为主,受惊时即跳入水中;4月初蝌蚪出现,蝌蚪主要生活在稻田、水沟、池塘中,9月以后未见蝌蚪活动。昭觉林蛙分布范围较广,有较强的迁徙能力,以陆栖为主,趋于生活在开阔环境;常见于林外或林内开阔草地,有时也到水域丰富的草丛附近活动,以致栖息地与滇蛙有部分重叠;9月开始产卵,这时是昆明的雨季末期,其他蛙类的繁殖已经结束,由于天气逐渐转冷,环境变得严酷,所以蝌蚪时期长,至翌年5月才全部变成幼蛙,蝌蚪主要生活在林缘低洼常年集水的水塘中。昭觉林蛙对物体声响或走动引起的空气振动不如滇蛙敏感,滇蛙感受振动后,即刻跃入水中躲避,而昭觉林蛙几乎要到外力触及其身体才会跳跃躲避。

### 1.2 取材、标本处理与测量

材料均采自昆明市西南林学院所在地后山林地及白龙寺村附近的农田。采集时间为1997年8月

~2000年9月。部分蛙类做活体观察和外部形态测量,多数标本用5%甲醛固定保存。按常规方法解剖观察肌肉,采用胰蛋白酶消化法制作透明染色骨骼标本(Dingerkus & Uhler, 1977),依常规剥制方法制作分离骨骼标本。在MOTIC 400型体式显微镜下观察并绘图。

性状一般选择形态特征的有或无。所有观察到的形态差异均通过多个标本比较验证,剔除不稳定的性状,保留稳定的。为消除因个体差异可能出现的形态特征的不稳定,保证观察结果的准确性,随机选用采自不同月份2种蛙的成体,进行比较解剖和观察,并相应识别和记录它们的性别(表1)。对于度量性状则采用相应部位长与宽的比值作衡量标准,作种间比较。同一种类雌雄度量差异属性异型研究的内容,将另文讨论。

参照国内外同类研究的方法和惯例测量标本、计算数量性状和比例性状、使用相关的名词术语和缩略词(Porter, 1972; Fei & Ye, 1986; Feng, 1990; Yang, 1990)。

## 2 结果

### 2.1 外观

滇蛙和昭觉林蛙在外形上相似:体形均为中等大小,吻端尖圆,上颌突出于下颌;舌卵圆形,后端游离缺刻深;眼后均无“又”形斑;鼓膜均显著,约为眼纵径 $2/3$ ;具背侧褶,细窄而直,自眼后直达胯部,其间无肤褶;指端圆,趾末端无横沟,也不膨大成吸盘。二者的差异主要表现在:

滇蛙活体表皮较光滑、润泽,背部呈橄榄绿色或黄色,有不规则斑纹,多数个体背部中央有一浅色脊线;体背及体侧有白色疣粒,颞部无深色三角斑;趾长顺序为4-3(5)-2-1,趾间蹼较发达,4-5趾间蹼距4趾端3个趾节,游离缘凹入;雄性个体体侧肩上方有扁肩腺,且有一对咽侧下外声囊,声囊孔长裂形,仅第1指基部有婚垫,不分团。

昭觉林蛙活体表皮略粗糙,体色变异很大,背部表现为红棕色、黄棕色、深棕色或棕色等;少数个体背后方有细小刺粒,颞部有深色三角斑;趾长顺序为4-3(5)-2-1,趾间蹼发达,4-5趾间蹼距4趾端2个趾节,游离缘平截或微凹入;雌雄个体均无肩腺及声囊,第一指具有显著的灰色婚垫,且可分团。

表 1 研究标本的性别及标本号  
Table 1 Sex and examined specimen mark of research specimens

制作方法 Method	滇蛙 <i>R. pleuraden</i>				昭觉林蛙 <i>R. chaochiaoensis</i>			
	♂ 16		♀ 14		♂ 17		♀ 17	
透明 Transparent	9809086	9810038	9809110	9809115	9810124	9811011	9708305	9812008
	0009012		9810036	0009023	9811038	9812003	9904019	
剥制 Dissected	9805033	9806016	9805019	9806015	9808104	9809029	9804022	9805001
	9807114	9808205	9903045	9904011	9810122	9810135	9809030	9809101
	9809070	9810054			9811035	9812006	9809105	9809130
	9903006				9903035		9810117	9904003
测量 Measured	9809126	9809131	9710105	9807040	9808135	9809103	9710166	9809003
	9809135	9810022	9808034	9809076	9809107	9811015	9809008	9809097
	9810033	9810068	9809120	9810049	9811037	9811052	9809099	9809104

## 2.2 肌肉

滇蛙和昭觉林蛙肌肉组成相同, 仅肌肉形态和发达程度有差异。滇蛙腹直肌每侧肌体有横行腱划 4 条, 把整块肌肉分成 8 块共 4 对, 第 3、4 对较大, 第 4 对呈倒三角形 (图 1A)。昭觉林蛙的腹直肌每侧肌体有横行腱划 5 条, 把整块肌肉分成 10 块共 5 对, 第 1 对较小, 第 5 对亦呈倒三角形 (图 1B)。滇蛙的长收肌 (al) 为缝匠肌 (s) 所掩盖, 呈薄片状, 其上外侧为股内肌 (vin), 下内侧为大收肌 (am), 起点稍低于缝匠肌, 末端与大收肌末端汇合于同一着点; 大收肌位于缝匠肌和长收肌的

后下方, 远端部分与长收肌合并; 大内直肌 (gm) 起于坐骨联合, 止于胫骨基端, 较宽厚, 为一长宽条状, 其上具一腱划 (图 1C)。昭觉林蛙的长收肌不仅为缝匠肌掩盖, 其远端大部分同时被股内肌 (vin) 和大收肌覆盖, 因此显露部分较滇蛙的短、窄、薄, 末端与大收肌后端汇合; 大收肌与滇蛙基本相同, 但在中间部位有一腱划痕迹, 似乎是由两块肌肉愈合而成, 但不可分开; 大内直肌起于坐骨联合, 止于胫骨基端, 较滇蛙窄细, 为一长条状, 其上亦具一条不显著的腱划 (图 1D)。

将四肢部分肌肉的宽度与其自身长度的比值作

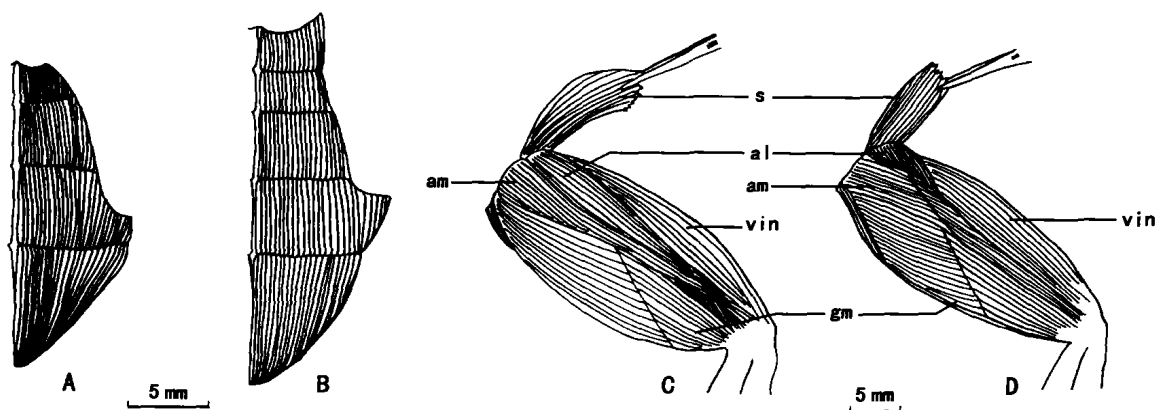


图 1 滇蛙 (A, C) 和昭觉林蛙 (B, D) 肌肉比较

Fig.1 Muscle comparisons between *Rana pleuraden* (A, C) and *R. chaochiaoensis* (B, D)

A, B: 左侧腹直肌 (Left musculus abdominis); C, D: 左侧股部肌肉腹面观 (Ventral view of left musculus femoris). al: 长收肌 (Musculus adductor longus); am: 大收肌 (M. add. magnus); gm: 大内直肌 (M. gracilis major); s: 缝匠肌 (M. sartorius); vin: 股内肌 (M. vastus internus)。

表 2 滇蛙和昭觉林蛙四肢肌肉测量比值的种间差异  
Table 2 Ratios differences of some measurements between *Rana pleuraden* and *R. chaochiaoensis* limbs

肌肉名称 Muscle	宽/长 Width/length	mean $\pm$ SD (range)		t-value
		滇蛙 <i>R. pleuraden</i>	昭觉林蛙 <i>R. chaochiaoensis</i>	
肱三头肌 <i>M. triceps brachii</i>	外肌头 <i>Caput externum</i>	0.37 $\pm$ 0.03 (0.29 ~ 0.41)	0.35 $\pm$ 0.07 (0.18 ~ 0.44)	1.06
	中肌头 <i>Caput medium</i>	0.39 $\pm$ 0.03 (0.34 ~ 0.44)	0.26 $\pm$ 0.06 (0.18 ~ 0.35)	7.17**
	内肌头 <i>Caput internum</i>	0.33 $\pm$ 0.06 (0.21 ~ 0.44)	0.23 $\pm$ 0.03 (0.16 ~ 0.28)	4.60**
股三头肌 <i>M. triceps femoris</i>	外肌头 <i>Caput externum</i>	0.25 $\pm$ 0.04 (0.20 ~ 0.32)	0.22 $\pm$ 0.03 (0.18 ~ 0.27)	2.34*
	中肌头 <i>Caput medium</i>	0.32 $\pm$ 0.04 (0.26 ~ 0.38)	0.27 $\pm$ 0.05 (0.17 ~ 0.35)	2.65*
	内肌头 <i>Caput internum</i>	0.41 $\pm$ 0.05 (0.31 ~ 0.48)	0.29 $\pm$ 0.03 (0.23 ~ 0.33)	7.27**
胫部肌肉 <i>M. tibialis</i>	腓肠肌 <i>M. gastrocnemius</i>	0.30 $\pm$ 0.04 (0.22 ~ 0.37)	0.22 $\pm$ 0.03 (0.19 ~ 0.29)	5.26**
	腓骨肌 <i>M. peroneus</i>	0.19 $\pm$ 0.05 (0.14 ~ 0.31)	0.14 $\pm$ 0.02 (0.10 ~ 0.17)	3.14**
	胫前肌 <i>M. tibialis anticus</i>	0.16 $\pm$ 0.04 (0.11 ~ 0.23)	0.13 $\pm$ 0.02 (0.10 ~ 0.15)	2.95**
	胫后肌 <i>M. tibialis posticus</i>	0.09 $\pm$ 0.02 (0.06 ~ 0.13)	0.07 $\pm$ 0.01 (0.04 ~ 0.09)	2.51*

$n = 12$ , \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ ; M. = muscle.

种间比较, 结果显示, 滇蛙的前肢肱三头肌的中肌头和内肌头, 后肢股三头肌的外、中、内肌头, 以及胫部 4 块肌肉均较昭觉林蛙显著或极显著粗、短 (表 2)。

## 2.3 骨骼

2.3.1 头骨 滇蛙和昭觉林蛙头骨构造相同, 骨块的名称和数量相同。从背面观, 头骨由前颌骨、上颌骨、方轭骨、鼻骨、筛骨、额顶骨、前耳骨、鳞骨组成 (图 2: A、B)。头骨腹面自前至后为犁骨、腭骨、副蝶骨和后耳骨 (图 2: C、D)。从总体上看, 头骨均呈尖圆形, 宽略大于长; 蝶筛骨 (se) 均大部显露; 上颌骨 (m) 缘均具齿; 前颌骨 (pm) 长约为上颌骨长的 1/4; 犁骨 (v) 有 3 个尖突; 翼骨 (pt) 前端达眼眶中上部; 犁骨后部具齿 (vt), 密生形成齿团。两种蛙的耳柱骨均不与鳞骨直接相关节。其耳柱骨内端较粗, 紧贴着听囊外壁的椭圆窗 (fenestra ovalis), 外端较细, 连附着鼓膜的中央部位。鼓膜覆盖在鳞骨的外方, 耳柱骨通过鼓膜与鳞骨发生联系。

滇蛙和昭觉林蛙头骨的主要差异为: ①滇蛙的鼻骨 (n) 近似菜刀形, “刀柄” 部分沿口缘后伸, 末端达腭骨上方; 左右鼻骨相互靠近, 内缘以一前宽后窄的缝相隔; 筛蝶骨 (se) 呈一倒 “T” 形, 后缘与额顶骨 (fp) 连接, 两前外缘呈弧形, 与鼻骨吻合, 其前端不达前上颌骨背突; 吻背面大部分被大的鼻骨和筛蝶骨盖住, 仅留下了筛蝶骨前端头和两鼻骨内缘前端之间的空白 (图 2A)。而昭觉林

蛙的鼻骨略呈三角形, 后外角伸达腭骨上方; 左右鼻骨相距较远, 间隔约为额顶骨最窄处宽度的 1/2; 额顶骨向前凸出, 插入筛蝶骨之间; 左右筛蝶骨呈 “儿” 形, 外缘与鼻骨吻合, 内缘相互靠近, 具一骨缝, 其前端前伸与前上颌骨背突接触; 左右筛蝶骨相接触部分未被茜素红染色, 似为软骨成分; 吻背面除鼻骨两侧外, 整个中部均被鼻骨和筛蝶骨盖住 (图 2C)。②昭觉林蛙的犁骨齿 (vt) 团较滇蛙的大 (图 2: B、D)。③滇蛙的鳞骨 (sq) 前枝较昭觉林蛙的发达, 其前枝为后枝长的 2/3 或稍长, 而昭觉林蛙的仅为 1/3 或略多 (图 2: C、F)。

2.3.2 舌骨 舌骨由舌骨体、前角、翼状突、前突、后侧突、后角组成。舌骨的大部分为软骨, 仅舌骨体中间部分及后角为硬骨。两个种的共同特征是前突细短, 但差异表现在: ①滇蛙的前角短, 向后弯曲, 仅达舌骨体 1/2 处; 而昭觉林蛙的长, 后弯接近后侧突; ②滇蛙后侧突较昭觉林蛙的稍尖。

2.3.3 肩带及胸骨 两种蛙的肩带均为固胸型, 由锁骨、喙 (状) 骨、上喙软骨、前喙软骨、上胸骨、肩胸骨、肩胛骨、中胸骨、上肩胛骨和剑胸软骨等组成。滇蛙的中胸骨较宽扁, 剑胸软骨后端具缺刻, 呈倒 “V” 字型两叶片状; 而昭觉林蛙的中胸骨较窄, 剑胸软骨近心型, 后端无缺刻。

2.3.4 脊椎骨 两种蛙的脊柱均由颈椎、躯椎、荐椎、尾杆骨 4 部分组成, 共 10 块。其中颈椎、荐椎、尾杆骨各 1 枚, 躯椎 7 枚。脊柱均为参差型, 即第 1 至第 7 枚椎骨的椎体为前凹后凸型, 第

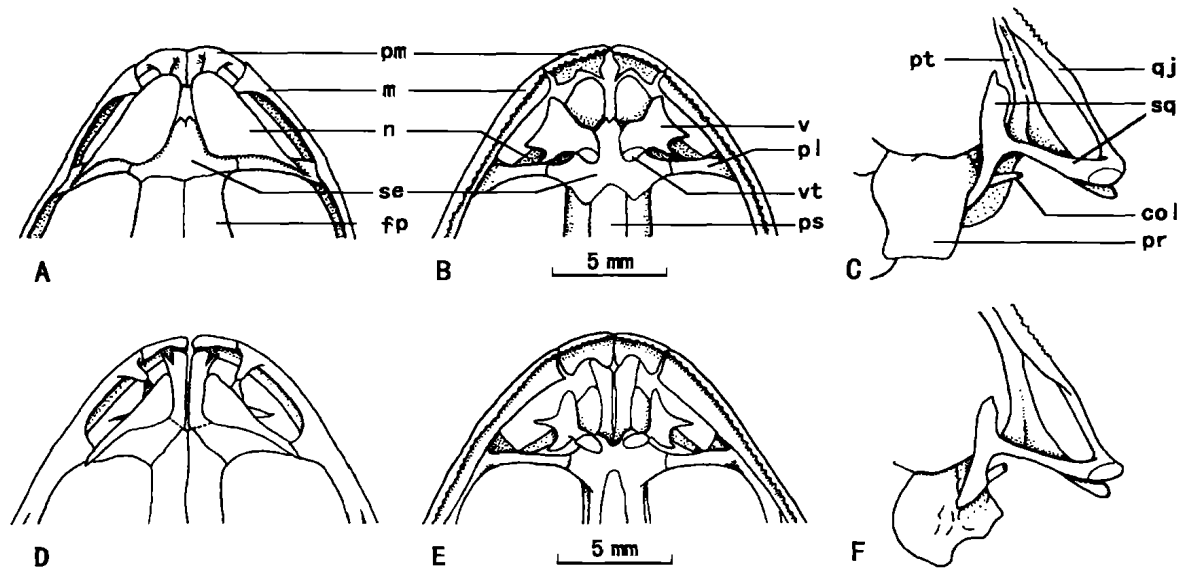


图 2 滇蛙 (A~C) 和昭觉林蛙 (D~E) 头骨比较

Fig.2 Skull comparisons between *Rana pleuraden* (A~C) and *R. chaochiaoensis* (D~F)

A, D: 头骨吻部背面观 (Dorsal view of anterior skull); B, E: 头骨吻部腹面观 (Ventral view of anterior skull); C, F: 头骨右后部背侧面观 (Right lateral dorsal view of posterior skull)。

col: 耳柱骨 (Columella auralis); fp: 额顶骨 (Frontoparietal); m: 上颌骨 (Maxilla); n: 鼻骨 (Nasal); pl: 腭骨 (Palatine); pm: 前颌骨 (Premaxilla); pr: 前耳骨 (Prootic); pt: 翼骨 (Pterygoid); qj: 方轭骨 (Quadratojugal); se: 筛蝶骨 (Sphenethmoidale); sq: 鳞骨 (Squamosal); v: 犁骨 (Vomer); vt: 犁骨齿团 (Vomer teeth)。

8 枚椎骨的椎体为双凹型, 第 9 枚荐椎的椎体为双凸型。颈椎无横突; 第 1、2 枚躯椎横突向前倾斜, 第 3~5 枚躯椎横突向后倾斜, 第 6、7 枚几与脊柱纵轴垂直, 荐椎横突向后倾斜; 尾杆骨为长杆状, 具 2 枚骨髁, 其长度约为整个脊柱长度的 1/2。第 2~7 躯椎横突末端都有软骨, 其中第 2 躯椎的软骨大, 呈鸢鹑喙状后弯。

**2.3.5 腰带** 腰带又称后肢带, 由髌骨、坐骨、和耻骨 3 部分组成。昭觉林蛙的坐骨结节比滇蛙的突出, 髌臼也较大; 此外, 昭觉林蛙的耻骨后端有缺刻。

**2.3.6 四肢骨** 滇蛙和昭觉林蛙前肢由股骨、桡尺骨、腕骨和掌骨组成, 后肢由股骨、胫腓骨、跟骨、距骨、跗骨、蹠骨和趾骨组成。昭觉林蛙的股骨、胫腓骨与腓跗骨较滇蛙的长, 且其胫腓骨与腓跗骨相对较粗。两种蛙腕骨均愈合为 3 块, 第一指掌骨内侧均有拇指掌骨。昭觉林蛙雄性第一指掌骨粗大、下端变宽, 背内侧有瘤状突。

### 3 讨 论

两栖类迁徙能力较弱, 受栖息环境影响较大。生活于某一区域的种类由于需要适应不同的生态环

境, 会出现某些形态特征、分布空间和生殖时间等方面的分化, 从而避免生存空间的竞争。

#### 3.1 肤色和听觉的分化

昭觉林蛙的皮肤颜色变化很大, 基本上与其不同栖息地的小生境相吻合, 形成较完美的保护色。有时即使就在近旁, 但却极难被发现。这在躲避敌害的侵袭方面起了重要的保护作用。这种皮肤颜色的变化可能是色素的调节结果。滇蛙的皮肤颜色单一, 反映了其生境较单一, 对环境的匹配性或吻合性不如昭觉林蛙。但它常傍水而居, 受到侵扰就跃入水中, 借水域环境来隐蔽自己。

两栖类的耳柱骨与鳞骨相关节, 具有传送振动的作用。而鼓膜具有放大空气振动的作用, 它或者直接感受空气振动, 或者接受鳞骨传导的振动, 再通过耳柱骨传给中枢神经系统 (Romer & Parsons, 1977)。滇蛙的鳞骨比昭觉林蛙的发达, 因此滇蛙感受振动的能力比昭觉林蛙的更强一些。在滇蛙的生境中, 干扰其正常生活的因子更多一些, 经长期生存压力的选择, 其感受振动的功能得到了强化。昭觉林蛙生活在浓密的草丛中, 通常对外界较弱的干扰振动不产生反应; 当强干扰将直接危及安全时, 则采取短距离窜入深草丛隐蔽的方式躲避危

险。

### 3.2 声囊与生殖分化

蛙类鸣叫中有一类为求偶鸣叫。在许多种类, 求偶鸣叫关系到繁殖能否成功。滇蛙雄性个体具有声囊, 而昭觉林蛙雄性个体无声囊。滇蛙 4~7 月繁殖, 在昆明白龙寺地区滇蛙生存的小生境内, 同时生活着无指盘臭蛙、多疣狭口蛙等蛙亚科种类, 且繁殖季节与滇蛙重叠。而滇蛙雄性个体具声囊, 有利于形成和传递与其他种类不同的鸣声和求偶信息。昭觉林蛙的繁殖则开始于每年 9 月, 其他蛙类的繁殖已经结束, 在适合产卵的繁殖场所内已没有嘈杂的种间竞争鸣叫, 通过鸣声传递求偶信息已经显得不重要。在一些适宜繁殖的小生境中, 昭觉林蛙高密度集中, 雌雄个体相遇的机会大幅度增加, 繁殖得以顺利进行。

### 3.3 运动方式的分化

滇蛙和昭觉林蛙的肩带均为固胸型, 脊柱为参差型。这些骨骼形态特点均是对跳跃型运动方式的适应。但二者相比较, 昭觉林蛙的四肢骨骼和肌肉较滇蛙的细长, 腰带坐骨结节较突出, 髌白也较大, 蹼也较发达。这些特征与昭觉林蛙的生活方式有关。昭觉林蛙栖息生境范围较滇蛙的大, 且以陆地生活为主, 所面临和需要逃避的敌害更多。陆地生活需要其跳跃运动方式更为灵活和有力, 而其肌肉和骨骼特点正是长期适应此种生活方式、进化而形成的结果。

### 3.4 脑颅保护的分化

两种蛙对吻背部的保护进化途径不同, 滇蛙靠增大鼻骨, 昭觉林蛙靠增大筛蝶骨, 最终凭借这两块骨骼的配合覆盖了吻背大部分, 有利于抵抗跳水

及游泳时水的压力, 起到保护脑颅的作用。

### 3.5 捕食方式的分化

犁骨齿具有防止到口食物逃逸的作用, 其大小的差异, 表现为防逃逸作用的强弱。昭觉林蛙犁骨齿较滇蛙的大, 表明它在此方面的功能较滇蛙的强。

据资料和观察证实, 舌骨位于口腔底部, 舌骨前角向后, 再向上延伸, 经过喉头两侧, 上升至耳柱骨下方, 伸达卵圆窗下而连附着耳软骨囊; 舌骨后角分别向后方张开, 环抱着喉头的杓状软骨 (Zhou, 1956)。当舌骨随着口腔底部的上下抽动及舌后端外翻捕食时, 必然会牵动与其相关联的肌肉和骨块, 因此其功能不仅与摄食相关, 也与发声及“吞咽式呼吸”, 甚至与听觉有关。但滇蛙和昭觉林蛙舌骨形态分化的深层生物学意义何在, 尚需要作进一步的野外观察和比较解剖。

### 3.6 腱划的进化意义

滇蛙和昭觉林蛙腹直肌、大内直肌都具腱划, 昭觉林蛙的大收肌也具腱划。腱划是肌肉分节现象的遗迹, 分节逐渐减少和消失是进化趋势 (Zhou YW et al, 2000)。由此说明, 昭觉林蛙处于更为原始的状态。

滇蛙和昭觉林蛙虽是同域分布, 且为亲缘关系极近的物种, 但它们产卵季节完全错开, 在抗干扰、运动和捕食方式等方面已分化, 并在身体外部形态、肌肉和骨骼等特征上有具体的表现。由于它们采取了不同的生存对策, 避免了在生存空间、食物利用、生殖季节和繁殖场所等的竞争, 共荣共存。

### 参考文献:

- Chu XL, Zhou W. 1988. Types of classifying properties and their significance of probing animal systematic development [J]. *Sichuan J. Zool.*, 7 (2): 15-18. [褚新洛, 周伟. 1988. 分类性状的类别及其对探索动物系统发育的意义. 四川动物, 7 (2): 15-18.]
- Dingerkus G, Uhler LD. 1977. Enzyme clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage [J]. *Stain Technol.*, 52 (4): 229-232.
- Fei L, Ye CY. 1986. Osteological studies of pelobatid toad, *Scutiger sikkimensis* (Blyth) [J]. *La Animala Mondo*, 3 (4): 35-48. [费梁, 叶昌媛. 1986. 锡金齿突蟾骨骼系统的研究. 动物世界, 3 (4): 35-48.]
- Fei L, Ye CY, Cheng SW. 1986. Polymorphism in some pelobatid toads of the genus *Scutiger* [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 32 (2): 168-179. [费梁, 叶昌媛, 陈素文. 1986. 齿突蟾属某些种的多态现象. 动物学报, 32 (2): 168-179.]
- Feng XY. 1990. The Anatomy of the Systemic of *Bufo gargarizans* Cantor [M]. Beijing: Higher Education Publishing. 12-58. [冯孝义. 1990. 中华大蟾蜍的系统解剖. 北京: 高等教育出版社. 12-58.]
- Kluge AG. 1977. Chordate Structure and Function, 2nd ed [M]. New York: Macmillan Publishing Co., Inc.
- Porter KR. 1972. Herpetology [M]. Philadelphia: W. B. Saunders Company. 27-46.
- Romer AS, Parsons TS. 1977. The Vertebrate Body [M]. Philadelphia: W. B. Saunders Company. 1-624.
- Yang DT. 1990. The Amphibia-Fauna of Yunnan, China [M]. Beijing: China Forestry Publishing House. [杨大同. 1990. 云南两

- 栖类志. 北京: 中国林业出版社.]
- Ye CY, Fei L, Hu SQ. 1993. Rare and Economic Amphibians of China [M]. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science and Technology. 208-221, 368-369. [叶昌媛, 费 梁, 胡淑琴. 1993. 中国珍稀及经济两栖动物. 成都: 四川科学技术出版社. 208-221, 368-369.]
- Zhou BX. 1956. Anatomy of the Frog Body [M]. Beijing: Science Press. 54-73. [周本湘. 1956. 蛙体解剖学. 北京: 科学出版社. 54-73.]
- Zhou W, Liu DS. 1991. The ultrastructure of adhesive organs in *Pseudechensis* with comments on its significance [J]. *Chinese Electron Microscopy Society*, 10 (1): 6-9. [周 伟, 刘德胜. 1991. 褶鳃鱼类吸着器表面的超微结构及其意义探讨. 电子显微学报, 10 (1): 6-9.]
- Zhou W, Cui GH, Liu DS. 1993a. Development, surface ultrastructure of the sucking disc of *Discogobio yunnanensis* (Regan) and its function [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 39 (2): 118-123. [周 伟, 崔桂华, 刘德胜. 1993a. 云南盘鮡口吸盘发育、表面亚显微结构及功能. 动物学报, 39 (2): 118-123.]
- Zhou W, Cui GH, Liu DS. 1993b. The morphological differentiation and its signification of sucking disc of the genus *Discogobio* [J]. *Zool. Res.*, 14 (4): 307-312. [周 伟, 崔桂华, 刘德胜. 1993b. 盘鮡属鱼类口吸盘的形态分化及其意义. 动物学研究, 14 (4): 307-312.]
- Zhou W, Cai YS, Zhang CS. 2000. Relationship between distribution and habitat of amphibians in Kunming, Yunnan [J]. *Sichuan J. Zool.*, 19 (1): 9-12. [周 伟, 蔡永寿, 张成生. 2000. 昆明两栖动物分布与栖息环境关系初探. 四川动物, 19 (1): 9-12.]
- Zhou YW, Yuan ZM, Chen B, Zhou W. 2000. Comparison of muscle system between *Bombina maxima* and *Rana chaochiaoensis* [J]. *Sichuan J. Zool.*, 19 (2): 71-74. [周用武, 袁志敏, 陈 波, 周 伟. 2000. 大蹼铃蟾与昭觉林蛙的肌肉系统比较. 四川动物, 19 (2): 71-74.]
- Zhou YW, Zhou W, Pan XF, Xiong JR. 2002. Skeleton comparisons between *Bombina maxima* and *Rana chaochiaoensis* with comments on morphological adaptive significance [J]. *J. Shannxi Normal Univ. (Natural Science)*, 30 (suppl.): 99-106. [周用武, 周 伟, 潘晓斌, 熊金荣. 2002. 大蹼铃蟾和昭觉林蛙的骨骼系统比较及形态适应意义分析. 陕西师范大学学报 (自然科学版), 30 (增刊): 99-106.]